



Wyjątkowa realizacja

Kolektor „E1” w Warszawie

mgr inż. Dariusz Kosiorowski



Lokalizacja odcinka K1–K3. Skrzyżowanie ulic: Słowackiego, Gdańska, Popieluszki

Wstęp

Celem tego artykułu jest omówienie nowych doświadczeń w mikrotunelowaniu oraz wskazanie na korzyści związane z zastosowaniem przeciskowych rur CC-GRP.

Polska po raz kolejny stała się miejscem wartym odwiedzenia nie tylko ze względu na walory turystyczne, ale ze względu na ciekawą, pionierską realizację. Budowa kolektora „E1” jest wizytowana nie tylko przez krajowych projektantów i inwestorów, ale również przez wycieczki z Francji, Litwy i Niemiec. Wszyscy łąką szczegółowych informacji od wykonawców drażących mikrotunel.

Budowa kolektora „E1” jest przełomowa z wielu względów: to rekordowo długi w Polsce kolektor wykonany z rur CC-GPR (500 m), sześć odcinków zawiera łuki o promieniach $R = 200\text{--}600$ m, zbliżenie do sklepienia metra wynosi poniżej 1 m. Kolektor ma długość 3,5 km i jest wykonywany całkowicie metodą bezwykopową przy pomocy rur przeciskowych Hobas® o średnicy nominalnej 2 m.

Można bez wątpliwości stwierdzić, że jest to budowa będąca kamieniem milowym w historii polskiego mikrotunelu.

Przecisk po łuku

Realizacja kolektora o średnicy przekraczającej 2 m nie jest w obecnych czasach niczym szczególnym. Jednak budowa kolektora „E1” jest ciekawym rozwiązaniem inżynierskim. Wykonanie zaprojektowanych łuków poziomych o małych promieniach ($R = 200$ i 300 m) stawia wysokie wymagania względem wykonawcy. Za kwalifikacjami wykonawcy oraz wymaganiami projektu musi podążać sprzęt oraz materiał. W przypadku zestawu mikrotunelowego jednym elementem zasadniczo różniącym mikrotunelowanie po trasie prostej i łuku jest sposób sterowania. Dostępne są obecnie co najmniej dwa rozwiązania umożliwiające sterowanie: przy pomocy lasera i pryzmatów umieszczonych w przedniej części mikrotunelu lub przy pomocy systemu żyroskopowego. Z uwagi na wygodny dostęp w dużej średnicy optymalny okazał się system laserowy. Natomiast do sterowania w pionie wykorzystywane jest pole grawitacyjne ziemi, które przy pomocy klasycznych lub elektronicznych poziomicy umożliwia precyzyjne sterowanie.

Do osiągnięcia sukcesu w przedsięwzięciu mikrotunelowym potrzebny jest również odpowiedni materiał, w tym wypadku rury przeciskowe. W Warszawie stosowane są rury przeciskowe

CC-GRP Hobas®. Najmniejsza sztywność rur SN wynosi $32\,000$ N/m^2 i mogą one być wypchane w grunt z siłą 755 t.

Jednak sprawa komplikuje się znacznie na łuku, ponieważ rury przesuwające się po łuku rozchylają się na połączeniach i nacisk przekazywany jest tylko przez część przekroju, a dopuszczalna siła dla rur musi być obniżona w zależności od promienia łuku. Dla przykładu, siłę dla odcinka prostego, wynoszącą 755 t, zredukowano do 487 t przy promieniu $R = 600$ m. Należy zwrócić uwagę również na wymóg szczelności połączeń przy projektowanym odchyleniu kątowym. Dlatego dla małych promieni zastosowano krótkie rury, o długości do $1,5$ m. Biorąc pod uwagę wszystkie te wytyczne, przy opracowywaniu technologii poszukiwano rozwiązania kompromisowego. Można było zastosować rury o wyższej klasie i sile przeciskowej lub zmniejszyć odległość pomiędzy stacjami pośrednimi. W ramach opracowania technologii interesującym zadaniem było również określenie przewidywalnego maksymalnego odchylenia w miejscach połączeń na łuku. W tym wypadku posłużono się wcześniejszymi doświadczeniami z pierwszego polskiego projektu mikrotunelu po łuku w Zielonej Górze. Przyjęto, że maksymalne odchylenie będzie składało się z odchylenia rur na łuku (wynikające z promienia i długości rur) powiększonego o niedokładności podczas drażenia, jakie są osiągane na odcinkach prostych.

Korzyści dla inwestorów

Rury CC-GRP są produktem nie najtańszym, ale cena rur rekompensowana jest wysoką żywotnością rurociągu. Żywotność ta wynika z budowy rur, które posiadają część konstrukcyjną oraz część zabezpieczającą o grubości ponad 1 mm. Żywotność tej warstwy, potwierdzana badaniami długookresowymi i praktyką, sięga powyżej 50 lat. (Na świecie najstarsze funkcjonujące rurociągi liczą już ponad 50 lat.) Zabezpieczenie to jest bardzo odporne na ścieranie oraz działanie substancji agresywnych występujących w kanalizacji sanitarnej i przemysłowej. Potwierdzeniem tego może być bezproblemowa eksploatacja instalacji wewnątrzzakładowej w toruńskiej „Elanie”. Instalacja ta została wybudowana w 1978 r. z rur CC-GRP HOBAS®, które jako nieliczne spełniały wymagania wynikające z agresywnego składu ścieków.

Należy zwrócić uwagę również na wyjątkową korzyść wynikającą z zastosowania rur przeciskowych CC-GRP. Rury przeciskowe posiadają od 3 do 100 razy większą wytrzymałość niż rury do otwartego wykopu. Dzieje się tak dlatego, że projektowane



Widok komory startowej – montaż rur o długości 1 m

są głównie ze względu na siłę przeciskową, a siła ta występuje jedynie w czasie procesu mikrotunelowania lub przecisku. W związku z tym inwestor często posiada rurociąg zbudowany z rur, które są przewymiarowane względem faktycznych warunków eksploatacji.

Trzeba w tym momencie podkreślić, że przetargowy koszt metra bieżącego wykonania rurociągu metodą mikrotunelu jest często niższy od wykonania metodą w otwartym wykopie. Na dowód tego można podać niektóre realizacje w kraju, gdzie wykonawcy decydują się zamienić metodę tradycyjną na mikrotunel. Chyba nikt nie podejrzewa, że chcą dopłacić do tego interesu.

Koszty mikrotunelowania

Biorąc pod uwagę ostatnie tendencje wzrostu kosztów robocizny, okazuje się, że rola ceny materiałów użytych do mikrotunelowania w globalnej wartości kontraktu maleje. Wykonane proste szacunki wskazują, że udział kosztu rur mikrotunelowych CC-GRP w latach 1999–2003 wynosił ok. 50% kosztów, a obecnie jest to jedynie 30-40%.

Biorąc pod uwagę bieżącą realizację, również koszty materiałów zostały ograniczone do minimum. W tym celu zastosowano pełen arsenał możliwości: stacje pośrednie, smarowanie bentonitem, użycie rur o różnych klasach wytrzymałościowych – w zależności od miejsca położenia w odcinku.



Stacja pośrednia – widok od wewnątrz



Należy jednak pamiętać, że bezkrytyczne ograniczanie kosztów może w przypadku mikrotunelu skutkować zatrzymaniem prac i kosztami związanymi z komorami ratunkowymi. Dzięki zastosowaniu stacji pośrednich uzyskujemy sprzęgła dzielące dłuższy odcinek na odcinki krótsze (zazwyczaj 70–150 m), jednak bez potrzeby stosowania dodatkowych komór startowych. W przypadku krótszych odcinków oczywiście siły przeciskowe są dużo mniejsze. O stosowaniu stacji pośrednich w większości przypadków optymiści powiedzą, że były niepotrzebne, ponieważ długie odcinki (ponad 300 m) nie wymagały uruchomienia stacji pośrednich. Jednak doświadczeni wykonawcy wiedzą, że stacje te są niczym wentyle bezpieczeństwa, które w przypadku nieoczekiwane go wzrostu siły przeciskowej (zmian warunków gruntowych, wielodniowa przerwa w przeciskaniu itp.) zostają uruchomione i tym samym umożliwiają kontynuację prac.

Oczywiście, nie ma róży bez kolców. W przypadku uruchomienia stacji pośrednich spada wydajność przeciskania mniej więcej wprost proporcjonalnie do ilości uruchomionych stacji. Z praktyki wiadomo jednak, że czas dla budowy jest krytyczny i bezcenny, w związku z tym opłaca się ograniczać tarcie, a przez to siły niezbędne do przeciskania. Głównymi czynnikami, jakie mają wpływ na tarcie, są: różnica średnic pomiędzy drażonym tunelem a rurą, współczynnik tarcia materiału w środowisku gruntowym oraz zastosowanie substancji obniżających tarcie. Należy wspomnieć, że w warszawskim projekcie „E1” zastosowano optymalną średnicę tarczy, a rury CC-GRP posiadają minimalny współczynnik tarcia. Ostatnim czynnikiem wymagającym od wykonawcy szczególnej staranności jest smarowanie. Smarowanie odbywa się przez specjalne sekcje dysz bentonitowych (cztery po obwodzie co 12–15 m).

Sześć spośród 15 odcinków posiada łuk. W takich przypadkach najczęściej odcinek składa się z odcinka prostego zakończonego



Rurociąg w trakcie mikrotunelowania – widok rurociągów płuczkowych oraz podłączenie instalacji smarowania

łukiem. Na odcinkach łukowych, jak już wspominałem, stosuje się rury krótsze. Wykonawca kolektora „E1” zdecydował się zoptymalizować koszty rozwiązania i dla odcinków łukowych stosuje się rury o zwiększonej grubości i wysokiej nominalnej sile przeciskowej. Natomiast na odcinkach prostych stosuje standardową klasę sztywności. Zastosowanie rur o wysokiej nominalnej sile przeciskowej na łuku wynikało z konieczności obniżenia sił wynikających z ponadnormatywnego rozwarcia połączeń. W czasie realizacji w pierwszej kolejności wciskane są wszystkie rury krótkie, które ostatecznie dopychane są na odcinek łukowy przez rury długie.

Niepoliczalne korzyści

Biorąc pod uwagę obecne tendencje związane z ograniczeniem wpływu budowy na otoczenie, metoda mikrotunelowania może być niedoścignionym wzorcem. Należy tutaj wziąć pod uwagę korzyści z mikrotunelowania związane z ograniczeniem do minimum osiadania sąsiadujących obiektów, ograniczonym zapotrzebowaniem na miejsce i przede wszystkim z minimalnym wpływem na komunikację. Nie wszyscy jednak zdają sobie sprawę, że rodzaj użytego materiału może mieć wpływ na otoczenie. Oczywiście jest, że urobek z drążenia tunelu musi zostać wywieziony. W przypadku opisywanego projektu wywrotki kursują pomiędzy samym centrum miasta a wysypiskiem. Okazuje się, że dzięki zastosowaniu rur CC-GRP liczba wywrotek została poważnie ograniczona. Dzieje się tak dlatego, że przy średnicy nominalnej 2 m zewnętrzna średnica wynosi zaledwie 2,16 m. Rury przeciskowe z innych materiałów mają średnicę zewnętrzną od 2,36 do 2,5 m. Biorąc to pod uwagę uzyskujemy od 20 do 34% większą ilość urobku do przewiezienia w porównaniu do rur CC-GRP. Podsumowując, zastosowanie rur Hobas® korzystnie wpływa na otoczenie przez ograniczenia hałasu i zanieczyszczenia spalinami w wyniku zmniejszenia o jedną trzecią ilości wywrotek. Takie działanie na pewno wywołuje zadowolenie mieszkańców.

W tym miejscu należy odpowiedzieć na pytanie, dlaczego rury CC-GRP mają cienkie ścianki dla porównywalnych osiągnięć przecisku rur z innych materiałów. Dzieje się tak za sprawą bardzo wysokiej wytrzymałości na ściskanie. Wytrzymałość

tworzywa CC-GRP zdecydowanie przekracza 90 MPa. Dla porównania, jest to wytrzymałość dwukrotnie większa od najmocniejszych stosowanych powszechnie betonów, tj. betonów mostowych.

Podsumowanie

Biorąc pod uwagę dotychczasową realizację kolektora „E1” można stwierdzić, że przyjęte założenia były prawidłowe. Jeden z najtrudniejszych odcinków pomiędzy komorami K1-K3 (okolice ul. Słowackiego i pl. Willsona) został zakończony pełnym sukcesem. Odcinek był trudny, ponieważ przejście znajdowało się pod wielopasmowym skrzyżowaniem z linią tramwajową oraz na wysokości 0,9 m nad tunelami szlakowymi warszawskiego metra. Skala trudności została zwiokrotniona, ponieważ trasa 130-metrowego odcinka zawierała w środku 95-metrowy łuk o promieniu $R = 200$ m. Biorąc pod uwagę dotychczasową realizację, należy w tym momencie podkreślić wysokie doświadczenie przedsiębiorstw zaangażowanych w realizację, tj. Hydrobudowy 9 oraz PRG Metro. W firmach tych pracują osoby, które wykonywały 10 lat temu pierwszy polski mikrotunel w Toruniu. Wówczas był on również wykonywany z rur CC-GRP Hobas®.

Nie bez znaczenia jest więc zaufanie, jakim obdarzone zostały rury CC-GRP przez inwestorów ceniących sobie wysoką żywotność rurociągów. Sądzę, że również dzięki temu jest to obecnie najbardziej popularny typ rury przeciskowej w Polsce.

Z pełnym zadowoleniem można powiedzieć, że w Polsce mamy przedsiębiorstwa budowlane, które odważnie wprowadzają nowe rozwiązania. Firmy te dzięki swojej determinacji w dążeniu do celu, pokonują bez większych problemów trudności pojawiające się w trakcie budowy. Na uwagę zasługuje fakt, że liczba realizacji mikrotunelowych oraz przeciskowych jest coraz większa. Należy się cieszyć, że rynek technologii bezwykopowych rozwija się z pożytkiem dla wykonawców, inwestorów oraz mieszkańców dużych aglomeracji.

WŚRÓD CZYTELNIKÓW TEGO NUMERU FIRMA HOBAS® ROZŁOSUJE
CIEKAWY NAGRODY. SZCZEGÓŁY NA STRONIE
WWW.HOBAS.OVH.ORG.



Czy wyroby twojego dostawcy posiadają ten certyfikat?

Certyfikowany przez TÜV Oktagon!

Z przyjemnością zawiadamiamy, że produkty firmy HOBAS uzyskały certyfikat TÜV Oktagon na zgodność z obowiązującymi normami PN-EN 14364 i PN-EN 1796 oraz specjalnymi wymogami dla rur GRP, dotyczącymi w szczególności odporności na ścieranie oraz odporności na korozję.

Hobas System Polska Sp. z o.o.
PEŁNOMOCNIK ZARZĄDU
ds. Systemów Zarządzania Jakością

Jan Was
inż. Jan Was



Grupa HOBAS® - obecna od 50 lat na rynkach całego świata gromadząc doświadczenie w rozwoju, produkcji i dostawie wysokiej jakości systemów rur i studzienek z tworzywa sztucznego zbrojonego włóknem szklanym (CC-GRP).

HOBAS® System Polska - od 10 lat dostarcza systemy rur CC-GRP o średnicach DN150 - DN2160 na rynek krajowy i zagraniczny; od 2003 r. prowadzi własną fabrykę w Dąbrowie Górniczej.

Zakres zastosowań:

- systemy rur do kanalizacji i wodociągów
- systemy odwodnień dróg i mostów
- rury do renowacji o profilu kołowym i niekołowym - HOBAS® NC-Line®
- rury do przeciskania i mikrotunelowania
- rury i kształtki specjalne

Oferujemy:

- doradztwo techniczne
- dobór rozwiązań do indywidualnych wymagań projektów
- wymianę doświadczeń w oparciu o 50-cio letnią współpracę z projektantami, wykonawcami i inwestorami

HOBAS System Polska Sp. z o.o.
ul. Koksownicza 11 • PL 41-300 Dąbrowa Górnicza
tel.: +48 32 / 639 04 54 + 57 • fax: +48 32 / 639 04 51
Office@hobas.com.pl • www.hobas.com

